

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2002年11月22日
Date of Application:

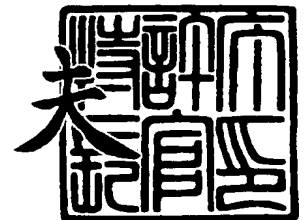
出願番号 特願2002-340167
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP2002-340167]

出願人 株式会社半導体エネルギー研究所
Applicant(s):

2003年 9月 2日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井 康



出証番号 出証特2003-3071664

【書類名】 特許願

【整理番号】 P006749

【提出日】 平成14年11月22日

【あて先】 特許庁長官 殿

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

 【氏名】 前川 慎志

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

 【氏名】 秋元 健吾

【特許出願人】

 【識別番号】 000153878

 【氏名又は名称】 株式会社半導体エネルギー研究所

 【代表者】 山崎 舜平

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 002543

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書**【発明の名称】 薄膜トランジスタの作製方法****【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

第 1 の非晶質珪素膜形成し、
前記第 1 の非晶質珪素膜上に珪素の結晶化を助長する金属元素を有する物質を形成し、
前記第 1 の非晶質珪素膜を加熱し、第 1 の結晶性珪素膜を形成し、
前記第 1 の非晶質珪素膜上に第 2 の非晶質半導体膜を形成し、
前記第 1 の結晶性珪素膜及び前記第 2 の非晶質半導体膜を加熱し、
前記第 2 の非晶質半導体膜を除去する薄膜トランジスタの作製方法であって、
前記第 2 の非晶質半導体膜は、窒素濃度が $1 \times 10^{18} \text{atoms/cm}^3$ 以下、酸素濃度が $8 \times 10^{19} \text{atoms/cm}^3$ 以下、且つ希ガス元素の濃度が $1 \times 10^{20} \text{atoms/cm}^3$ 以上であることを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項 2】

第 1 の非晶質珪素膜形成し、
前記第 1 の非晶質珪素膜上に珪素の結晶化を助長する金属元素を有する物質を形成し、
前記第 1 の非晶質珪素膜を加熱し、第 1 の結晶性珪素膜を形成し、
前記第 1 の結晶性珪素膜にレーザー光を照射し、
前記第 1 の非晶質珪素膜上に第 2 の非晶質半導体膜を形成し、
前記第 1 の結晶性珪素膜及び前記第 2 の非晶質半導体膜を加熱し、
前記第 2 の非晶質半導体膜を除去する薄膜トランジスタの作製方法であって、
前記第 2 の非晶質半導体膜は、窒素濃度が $1 \times 10^{18} \text{atoms/cm}^3$ 以下、酸素濃度が $8 \times 10^{19} \text{atoms/cm}^3$ 以下、且つ希ガス元素の濃度が $1 \times 10^{20} \text{atoms/cm}^3$ 以上であることを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項 3】

第 1 の非晶質珪素膜形成し、
前記第 1 の非晶質珪素膜上に珪素の結晶化を助長する金属元素を有する物質を形

成し、

前記第1の非晶質珪素膜上に第2の非晶質半導体膜を形成し、

前記第1の結晶性珪素膜及び前記第2の非晶質半導体膜を加熱し、

前記第2の非晶質半導体膜を除去する薄膜トランジスタの作製方法であって、

前記第2の非晶質半導体膜は、窒素濃度が 1×10^{18} atoms/cm³以下、酸素濃度が 8×10^{19} atoms/cm³以下、且つ希ガス元素の濃度が 1×10^{20} atoms/cm³以上であることを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項4】

第1の非晶質珪素膜形成し、

前記第1の非晶質珪素膜上に珪素の結晶化を助長する金属元素を有する物質を形成し、

前記第1の非晶質珪素膜を加熱し、第1の結晶性珪素膜を形成し、

前記第1の非晶質珪素膜上に第2の非晶質半導体膜を形成し、

前記第1の結晶性珪素膜及び前記第2の非晶質半導体膜を加熱し、前記金属元素を第2の非晶質半導体膜へ移動させ、

前記第2の非晶質半導体膜を除去する薄膜トランジスタの作製方法であって、

前記第2の非晶質半導体膜は、窒素濃度が 1×10^{18} atoms/cm³以下、酸素濃度が 8×10^{19} atoms/cm³以下、且つ希ガス元素の濃度が 1×10^{20} atoms/cm³以上であることを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項5】

第1の非晶質珪素膜形成し、

前記第1の非晶質珪素膜上に珪素の結晶化を助長する金属元素を有する物質を形成し、

前記第1の非晶質珪素膜を加熱し、第1の結晶性珪素膜を形成し、

前記第1の非晶質珪素膜上に第2の非晶質半導体膜を形成し、

前記第1の結晶性珪素膜及び前記第2の非晶質半導体膜を加熱し、ゲッタリングを行い、

前記第2の非晶質半導体膜を除去する薄膜トランジスタの作製方法であって、

前記第2の非晶質半導体膜は、窒素濃度が 1×10^{18} atoms/cm³以下、酸素濃度

が 8×10^{19} atoms/cm³ 以下、且つ希ガス元素の濃度が 1×10^{20} atoms/cm³ 以上であることを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項 6】

第 1 の非晶質珪素膜形成し、
前記第 1 の非晶質珪素膜上に珪素の結晶化を助長する金属元素を有する物質を形成し、
前記第 1 の非晶質珪素膜を加熱し、第 1 の結晶性珪素膜を形成し、
前記第 1 の結晶性珪素膜上にバリア膜を形成し、
前記バリア膜上に第 2 の非晶質半導体膜を形成し、
前記第 1 の結晶性珪素膜及び前記第 2 の非晶質半導体膜を加熱し、
前記第 2 の非晶質半導体膜及び前記バリア膜を除去する薄膜トランジスタの作製方法であって、
前記第 2 の非晶質半導体膜は、窒素濃度が 1×10^{18} atoms/cm³ 以下、酸素濃度が 8×10^{19} atoms/cm³ 以下、且つ希ガス元素の濃度が 1×10^{20} atoms/cm³ 以上であることを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項 7】

請求項 6 において、前記バリア膜はオゾン水、又は硫酸、塩酸又は硝酸の過酸化水素水を用いて形成された酸化膜であることを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項 8】

請求項 1 乃至 7 のいずれか一において、スパッタリング法により前記第 2 の非晶質半導体膜を形成することを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項 9】

第 1 の非晶質珪素膜形成し、
前記第 1 の非晶質珪素膜上に珪素の結晶化を助長する金属元素を有する物質を形成し、
前記第 1 の非晶質珪素膜を加熱し、第 1 の結晶性珪素膜を形成し、
前記第 1 の非晶質珪素膜上に第 2 の非晶質半導体膜を形成し、
前記第 1 の結晶性珪素膜及び前記第 2 の非晶質半導体膜を加熱し、

前記第2の非晶質半導体膜を除去する薄膜トランジスタの作製方法であって、
前記第2の非晶質半導体膜は、成膜室に可燃性ガス及び希ガスを供給し、当該成膜室の酸素濃度を低減し、前記可燃性ガスの供給を停止させた状態でスパッタリング法により形成し、窒素濃度が $1 \times 10^{18} \text{atoms/cm}^3$ 以下、酸素濃度が $8 \times 10^{19} \text{atoms/cm}^3$ 以下、且つ希ガス元素の濃度が $1 \times 10^{20} \text{atoms/cm}^3$ 以上であることを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項10】

請求項9において、前記可燃性ガスは SiH_4 、 Si_2H_6 、 SiH_2Cl_2 、 SiHCl_3 、 SiCl_4 、 GeH_4 、 PH_3 、 B_2H_6 、 AsH_3 及び H_2Se から選ばれた一種又は複数種であることを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項11】

第1の非晶質珪素膜形成し、
前記第1の非晶質珪素膜上に珪素の結晶化を助長する金属元素を有する物質を形成し、
前記第1の非晶質珪素膜を加熱し、第1の結晶性珪素膜を形成し、
前記第1の非晶質珪素膜上に第2の非晶質半導体膜を形成し、
前記第1の結晶性珪素膜及び前記第2の非晶質半導体膜を加熱し、
前記第2の非晶質半導体膜を除去する薄膜トランジスタの作製方法であって、
前記第2の非晶質半導体膜は、成膜室に配置されたTiを含むフィラメントを加熱し、当該成膜室の酸素濃度を低減し、前記フィラメントの加熱を停止させた状態でスパッタリング法により形成し、窒素濃度が $1 \times 10^{18} \text{atoms/cm}^3$ 以下、酸素濃度が $8 \times 10^{19} \text{atoms/cm}^3$ 以下、且つ希ガス元素の濃度が $1 \times 10^{20} \text{atoms/cm}^3$ 以上であることを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項12】

第1の非晶質珪素膜形成し、
前記第1の非晶質珪素膜上に珪素の結晶化を助長する金属元素を有する物質を形成し、
前記第1の非晶質珪素膜を加熱し、第1の結晶性珪素膜を形成し、
前記第1の非晶質珪素膜上に第2の非晶質半導体膜を形成し、

前記第 1 の結晶性珪素膜及び前記第 2 の非晶質半導体膜を加熱し、
前記第 2 の非晶質半導体膜を除去する薄膜トランジスタの作製方法であって、
前記第 2 の非晶質半導体膜は、成膜室に配置された Ti を含む電極間に電圧を印加することによりプラズマを生じさせ、当該成膜室の酸素濃度を低減し、前記電極への電圧の印加を停止させた状態でスパッタリング法により形成し、窒素濃度が $1 \times 10^{18} \text{atoms/cm}^3$ 以下、酸素濃度が $8 \times 10^{19} \text{atoms/cm}^3$ 以下、且つ希ガス元素の濃度が $1 \times 10^{20} \text{atoms/cm}^3$ 以上であることを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項 13】

請求項 1 乃至 12 のいずれか一において、ヒドラジン又はテトラエチルアンモニウムハイドロオキサイトを用いたウェットエッチング法により前記第 2 の非晶質半導体膜を除去することを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項 14】

請求項 1 乃至 13 のいずれか一において、前記希ガス元素はヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトン及びキセノンから選ばれた一種又は複数種を用いることを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項 15】

請求項 1 乃至 14 のいずれか一において、前記金属元素は鉄、ニッケル、コバルト、ルテニウム、ロジウム、パラジウム、オスミウム、イリジウム、白金、銅及び金のいずれか一種又は複数種であることを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、薄膜トランジスタ及びその作製方法に係り、また薄膜トランジスタを備えた半導体装置及びその作製方法に係る。

【0002】

【従来技術】

最近、薄膜トランジスタを用いた高性能な半導体装置（具体的には液晶表示装

置、EL表示装置その他の表示装置）に関して研究が進められている。特に、高速性や高機能性が要求される半導体装置においては、高移動度を有する薄膜トランジスタ（以下、TFETと表記する）を実現する必要がある、その半導体膜の結晶性を改善する方法として、半導体膜にニッケル元素（Ni）を代表とする非晶質珪素膜の結晶性を促進させる金属元素（以下、単に金属元素と表記する）を添加、成膜又は塗布（合わせて、金属元素を有する物質を形成するという）し、その後加熱して結晶性半導体膜を形成する結晶化工程が行われている。

【0003】

このような結晶化の工程において、Niを代表とする結晶化を促進する金属元素を用いることで、大粒径の結晶性半導体膜が得られ、更には粒界と粒界とが繋がる確率が高く、粒内欠陥が少ない結晶性半導体膜が得られている。

【0004】

しかし、Niを代表とする金属元素は、TFETのデバイス特性（電気特性）に悪影響を及ぼすため、それらを除去する工程（以下、ゲッタリングと表記する）が設けられていた。ゲッタリングは半導体中に取り込まれた金属不純物が、何らかのエネルギーでゲッタリングサイト（ゲッタリングシンク）に偏析して、素子の能動領域の不純物濃度を低減させる技術として知られている。

【0005】

ゲッタリングプロセスは、エクストリンシックゲッタリング(Extrinsic Gettering)とイントリンシックゲッタリング(Intrinsic Gettering)の二つに大別されている。エクストリンシックゲッタリングは外部から歪場や化学作用を与えてゲッタリング効果をもたらすものである。一方、イントリンシックゲッタリングは単結晶シリコンウエハーの内部に生成された酸素が関与する格子欠陥の歪場を利用したものとして知られている。

【0006】

具体的なゲッタリングの例としては、希ガス元素（希ガス）を添加した領域又は希ガス元素が添加された半導体膜を形成し、加熱処理を施してそこに金属元素を移動させる。その後、金属元素を移動してきた希ガス元素を添加した領域又は希ガス元素が添加された半導体膜を除去している（例えば、特許文献1参照）。

【0007】

【特許文献1】

特開 2002-313811号公報

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、上記従来の方法によりゲッターリングを行い、ゲッターリングシンクを除去する場合、きれいにエッチング除去できないことがあった。すなわち、エッチングストッパーとして機能するバリア膜とゲッターリングシンクとの選択比が高いアルカリ溶液のエッチャントでゲッターリングシンクを除去するとき、ゲッターリングシンクの残渣が生じてしまった。

【0009】

このようなゲッターリングシンク残渣を有するTF Tは、Ioff不良といった電気特性が低下し、信頼性も低下してしまった。更にはゲッターリング残渣により、量産ラインに不良が発生し歩留まりが低下してしまった。

【0010】

そこで、本発明は金属元素を用いた半導体膜の結晶化工程において、ゲッターリングシンクを残存することなく除去するTF Tの作製方法を提供することを課題とする。また、本発明を用いて作製されたTF Tを備えた半導体装置を提供することを課題とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】

上記課題を鑑み、本発明者はゲッターリングシンクとなる半導体膜の不純物に着目し、当該半導体膜の窒素 (N_2) 濃度を $1 \times 10^{18} \text{atoms/cm}^3$ 以下、且つ酸素 (O_2) 濃度を $8 \times 10^{19} \text{atoms/cm}^3$ 以下とすることを特徴とする。更に、ゲッターリングシンクとなる半導体膜は所定のゲッターリング機能を達成するため、希ガス元素の濃度が $1 \times 10^{20} \text{atoms/cm}^3$ 以上であることを特徴とする。なお希ガス元素としては、ヘリウム (He)、ネオン (Ne)、アルゴン (Ar)、クリプトン (Kr) 及びキセノン (Xe) から選ばれた一種又は複数種を用いる。

【0012】

そして上記不純物濃度を達成するために本発明は、酸素を燃焼して排気する可燃性ガスを用いてチャンバー内の不純物である酸素を低減させることを特徴とする。この可燃性ガスは SiH_4 、 Si_2H_6 、 SiH_2Cl_2 、 SiHCl_3 、 SiCl_4 、 GeH_4 、 PH_3 、 B_2H_6 、 AsH_3 及び H_2Se のいずれかを有するガスを使用することができる。

【0013】

また上記不純物濃度を達成するために本発明は、チタンを有する電極を用い、当該電極に電圧を印加してプラズマを発生させ、同時に排気を行ってチャンバー内の不純物である酸素を低減させることを特徴とする。又はチタンを有するフィラメントをチャンバー（成膜室）に配置し、当該フィラメントを加熱させた状態で排気を行い、チャンバー内の酸素を低減させてもよい。

【0014】

以上のような不純物濃度を低減させる前処理が行われたチャンバーで、高周波スパッタ法を用いてゲッタリングシンクとなる半導体膜を形成することを特徴とする。そしてゲッタリングシンクとなる半導体膜を形成する際は、イオン注入或いはイオンドープ法で希ガス元素をゲッタリングシンクとなる半導体膜へ添加するか、又はゲッタリングシンクとなる半導体膜を形成する時に当該希ガス元素が取り込まれるようにする。

【0015】

その後のゲッタリングを行うための加熱処理は、ハロゲンランプ、メタルハイドランプ、キセノンアークランプ、カーボンアークランプ、高圧ナトリウムランプ及び高圧水銀ランプのいずれか一種又は複数種のランプの輻射により行うLRTA法、窒素やアルゴン等の不活性ガスを加熱媒体として用いるGRTA法、又は電熱炉を用いたファーネスアニール法を採用すればよい。この加熱処理により、金属元素は拡散しながらゲッタリングシンクとなる半導体膜へ移動する。

【0016】

なお金属元素としては、鉄（Fe）、ニッケル（Ni）、コバルト（Co）、ルテニウム（Ru）、ロジウム（Rh）、パラジウム（Pd）、オスミウム（Os）、イリジウム（Ir）、白金（Pt）、銅（Cu）及び金（Au）のいずれ

か一種又は複数種を用いることができる。

【0017】

そして、ゲッタリングシンクとなる半導体膜を適宜エッチング除去する。エッチングの方法としては、ヒドラジンやテトラエチルアンモニウムハイドロオキサイト（TMAH、化学式： $(\text{CH}_3)_4\text{NOH}$ ）を代表とするアルカリ性溶液を使用したウェットエッチングで行うことができる。

【0018】

この時、エッチングストッパーとして機能するバリア膜をTFTの活性層となる半導体膜とゲッタリングシンクとなる半導体膜との界面に形成すると好ましく、その後バリア膜は、フッ酸により除去すればよい。バリア膜としては、オゾン水、又は硫酸、塩酸又は硝酸等の過酸化水素水を混同させた水溶液で処理することにより形成される薄い酸化膜（ケミカルオキサイド）を用いることができる。他の方法としては、酸素雰囲気中でのプラズマ処理や、酸素含有雰囲気中で紫外線照射することによりオゾンが発生させて酸化処理を行ってもよい。又はクリーンオープンを用い、200～350℃程度に加熱して薄い酸化膜を形成したり、プラズマCVD法、スパッタ法或いは蒸着法により1～5nm程度の酸化膜を成膜したりしてもよい。

【0019】

本発明のようにゲッタリングシンクとなる半導体膜を形成するチャンバーに、不純物濃度を低減させるための前処理を行うことにより、ゲッタリングシンクとなる半導体膜の不純物濃度を低減させ、その結果エッチング残渣を低減することができる。よって、従来の方法により形成されたゲッタリングシンクとなる半導体膜を用いたTFTの作製方法と比べてエッチング残渣が低減されるため、TFTを有する半導体装置を歩留まりよく製造することが可能となる。

【0020】

【発明の実施の形態】

以下に、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。なお、実施の形態を説明するための全図において、同一部分又は同様な機能を有する部分には同一の符号を付し、その繰り返しの説明は省略する。

【0021】**(実施の形態1)**

本実施の形態では、可燃性ガスを使用して不純物濃度が低減されたチャンバーで、ゲッターリングシンクとなる半導体膜を作製する一例を、図1を用いて説明する。

【0022】

図1には、ゲッターリングシンクとなる半導体膜を作製するスパッタ装置を示す。スパッタ装置は、成膜室100を有し、成膜室の上側には基板ホルダー101、磁性体(磁石)102、基板保持手段103が配置され、可燃性ガスの一例である SiH_4 が供給される第1のガス供給手段131と、希ガス元素の一例であるアルゴン(Ar)が供給される第2のガス供給手段132とが設けられている。なお、水素(H_2)が供給される第3のガス供給手段133を設けてもよい。この水素ガスにより可燃性ガスと希ガス元素との混合度を高め、スムーズにガスを供給することができる。

【0023】

そして、基板ホルダー101と対向する側に、ターゲット104が設けられ、高周波電源106から電力が供給される。そしてターゲットと基板との距離を制御する機能を有するターゲット上下手段107が設けられている。またターゲットに磁界を与える永久磁石105、更に、ターゲットを冷却するための冷媒108がターゲットの付近に配置されている。そして、供給されるガスの流れを制御する整流板109が設けられ、コンダクタンスバルブ120を介して、ポンプ等の排気手段が設けられている。排気手段は、第1のポンプとなるターボポンプ121と、第2のポンプとなるロータリーポンプ又はドライポンプ122とである。その後、第1の排気系134と第2の排気系135とに分かれて排気される。これは可燃性ガスが反応性ガスとが反応することを防ぐため、第1の排気系と第2の排気系とを分けている。

【0024】

そして更に、スパッタ装置は搬送口136を介してプラズマCVD装置等と連結させ、マルチチャンバーとして使用すると好ましい。

【 0 0 2 5 】

次に、図 1 に示すスパッタ装置を使用したゲッタリングシンクとなる半導体膜の作製方法について説明する。

【 0 0 2 6 】

まず、基板ホルダー 1 0 1 に基板を保持し、その後基板保持手段 1 0 3 に基板 1 4 0 を設置する。なお、本実施の形態では基板を基板保持手段 1 0 3 に設置した状態で、前処理を行う場合を説明するが、前処理時の基板の配置はこれに限定されない。

【 0 0 2 7 】

そして、成膜室内の不純物濃度を低減させる前処理として、第 1 及び第 2 のガス供給手段 1 3 1、1 3 2 からそれぞれ可燃性ガスであるモノシラン (SiH_4) ガス、希ガスであるアルゴン (Ar) ガスを成膜室 1 0 0 へ供給する。そして好ましくは、第 3 のガス供給手段 1 3 3 から水素 (H_2) ガスを成膜室 1 0 0 へ供給する。このときのガスの流量は 2 0 0 s c c m 程度とすればよい。

【 0 0 2 8 】

なお、モノシランの代わりに Si_2H_6 、 SiH_2Cl_2 、 SiHCl_3 、 SiCl_4 、 GeH_4 、 PH_3 、 B_2H_6 、 AsH_3 及び H_2Se のいずれかを有するガスを供給してもよい。またアルゴンの代わりに、ヘリウム、ネオン、クリプトン及びキセノンのいずれかを有するガスを供給してもよい。

【 0 0 2 9 】

そして、ターボポンプ 1 2 1 及びロータリーポンプ 1 2 2 により、成膜室内を排気する。なおロータリーポンプの代わりにドライポンプを用いてもよい。すると、成膜室内の不純物元素（特に、酸素）が、可燃性ガスであるモノシランガスと共に、成膜室外へ排気される。このときの成膜室内の圧力は 1 T o r r (1 3 3 P a) 程度となるようにする。

【 0 0 3 0 】

この状態で 5 ～ 1 0 分程度かけて、スパッタ装置の前処理を行う。その結果、成膜室内の酸素濃度を低減することができる。なおこのとき、基板ホルダー 1 0 1 に設置された基板 1 4 0 を 1 0 0 ～ 2 0 0 ℃ 程度まで加熱すると好ましい。も

ちろん、基板ホルダー 101 に基板を設置しない状態であっても、上記ガスを供給して前処理を行ってもよい。

【0031】

このように、モノシランを代表とする可燃性ガスと、酸素とを反応させて成膜室内の不純物濃度（特に、酸素濃度）を低減させた後、第 1 及び第 3 のガス供給手段から供給されるモノシランガス及び水素ガスの供給を停止させ、アルゴンガスのみを成膜室に供給する。このときアルゴンガスの流量は $50 \sim 1000 \text{ sccm}$ 、好ましくは $50 \sim 200 \text{ sccm}$ とする。また成膜室の圧力は $0.3 \sim 2 \text{ Torr}$ ($39.9 \sim 266 \text{ Pa}$) 程度となるようにターボポンプ 121 やロータリーポンプ 122 を制御する。

【0032】

そしてターゲット上下手段 107 を使用して、基板 140 と Si を有するターゲット 104 との距離を適宜調整する。なお、基板保持手段 103 により基板を上下させてもよい。

【0033】

この状態で、高周波電源 106 を動作させ、ターゲットに高周波を印加し、更にターゲットの下部を移動することができる永久磁石 105 を用いて磁場をかける。すると、基板へゲッタリングシンクとなる半導体膜が形成される。なお処理時間は成膜条件やスループットを考慮する必要があるが、本実施の形態では $1 \sim 20$ 分、好ましくは 5 分程度とする。

【0034】

更に、基板に磁性体（磁石）102 により磁界をかけてもよい。より好ましくは、基板上方から加熱されたアルゴンガスを供給し、基板の成膜面と反対の面（非成膜面）に吹き付けるとよい。この加熱されたアルゴンガスの流量は $10 \sim 50 \text{ sccm}$ 程度とすればよい。

【0035】

このように前処理が行われた成膜室において、スパッタ法で形成されるゲッタリングシンクとなる半導体膜は、窒素濃度が $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以下であり、且つ酸素濃度が $8 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以下となり、更に希ガス元素の濃度が $1 \times$

1.0×10^{20} atoms/cm³以上となっている。また、このように形成される半導体膜はゲッタリングの際、結晶化しにくいいため、ゲッタリングシンクとして適している。

【0036】

以上のように形成された本発明のゲッタリングシンクを加熱し、TFTの活性層となる半導体膜中の金属元素をゲッタリングすることができ、且つゲッタリングシンクとなる半導体膜を除去するときのエッチング残渣を低減することができる。

【0037】

(実施の形態2)

本実施の形態では、実施の形態1と異なる方法でゲッタリングシンクとなる半導体膜を作製する一例を、図2を用いて説明する。

【0038】

図2には、ゲッタリングシンクとなる半導体膜を作製するスパッタ装置を示す。なお、図2に示すスパッタ装置と異なる点は、成膜室100にTiを有する電極150を配置し、電極電源151により電圧を印加し、電極間にプラズマが発生する構成である。この電極150は、電極間にターゲット105が配置され、当該ターゲットに対して垂直に設けられている。

【0039】

次に、図2に示すスパッタ装置を使用したゲッタリングシンクとなる半導体膜の作製方法について説明する。

【0040】

まず、基板ホルダー101に基板を保持し、その後基板保持手段103に基板140を設置する。なお、本実施の形態では基板を基板保持手段103に設置した状態で、前処理を行う場合を説明するが、前処理時の基板の配置はこれに限定されない。

【0041】

そして、成膜室内の前処理として、電極150に電極電源151から電圧を印加する。すると、電極間にプラズマが発生し、チタンのラジカルが生じる。このチタンのラジカルは、成膜室の酸素と反応し、共に排気手段から排出され、成膜

室内の酸素濃度が低減される。なおこのとき、成膜室の圧力は 10^{-4} Pa程度とすればよい。

【0042】

この状態で5～10分程度かけて、ゲッタリングシンクとなる半導体膜を成膜する前処理を行う。その結果、成膜室内の酸素濃度を低減することができる。また、基板を基板保持手段103に設置した状態で前処理を行った場合、基板は150℃程度に加熱しておくといよい。

【0043】

このように、Tiを有する電極に電圧を印加してプラズマを生じさせることにより、酸素とを反応させて成膜室内の不純物濃度を低減させた後、第1のガス供給手段130から希ガス元素を成膜室に供給する。なお本実施の形態では、希ガス元素としてアルゴンガスを使用する。このときアルゴンガスの流量は10～100sccmとし、成膜室内の圧力は0.2～0.9Pa、好ましくは0.3Pa程度とする。

【0044】

そしてターゲット上下手段107を使用して、基板140とSiを有するターゲット104との距離を適宜調整する。なお、基板保持手段103により基板を上下させてもよい。

【0045】

この状態で、高周波電源106を動作させ、ターゲットに高周波を印加し、更にターゲットの下部を移動することができる永久磁石105を用いて磁場をかける。なお本実施の形態では、ターゲット（12インチサイズ）に印加する電力は0.5～3Kwとする。またこのとき、基板140を室温（25℃）～300℃に加熱すると好ましい。すると、基板へゲッタリングシンクとなる半導体膜が形成される。なお処理時間は成膜条件やスループットを考慮する必要があるが、本実施の形態では1～20分、好ましくは5分程度とする。

【0046】

更に、基板に磁性体（磁石）102により磁界をかけてもよい。より好ましくは、基板上方から加熱されたアルゴンガスを供給し、基板の成膜面と反対の面（

非成膜面)に吹き付けるとよい。この加熱されたアルゴンガスの流量は10～50 sccm程度とすればよい。

【0047】

また図2に示すTiを有する電極の代わりに、図3のようにTiを有するフィラメント160を配置してもよい。フィラメント160は、前処理時のみに、フィラメント電源161により加熱されるように制御すると好ましい。具体的には、図3に示すようにフィラメント160を囲むように箱状の壁162を配置し、当該壁上の蓋を前処理時には開いた状態とし、スパッタリング時には閉じた状態となるように制御する。

【0048】

図3には、フィラメントがターゲットを挟んで対称に設けられているが、フィラメントは一つでもよいし、3つ以上設けもよく、適宜設計すればよい。

【0049】

図3に示すスパッタ装置を使用したゲッタリングシンクとなる半導体膜の作製方法は、図2のTiを含む電極を配置した場合と同様であるため、ここでの説明は省略する。

【0050】

このように前処理が行われた成膜室において形成されるゲッタリングシンクとなる半導体膜は、窒素濃度が $1 \times 10^{18} \text{atoms/cm}^3$ 以下、且つ酸素濃度が $8 \times 10^{19} \text{atoms/cm}^3$ 以下であって、更に半導体膜の希ガス元素の濃度が $1 \times 10^{20} \text{atoms/cm}^3$ 以上となっている。そして、このように形成される半導体膜はゲッタリングの際、結晶化しにくいため、ゲッタリングシンクとして適している。

【0051】

以上のように形成された本発明のゲッタリングシンクを加熱し、TFTの活性層となる半導体膜中の金属元素をゲッタリングすることができ、且つゲッタリングシンクとなる半導体膜を除去するときのエッチング残渣を低減することができる。

【0052】

(実施の形態3)

本実施の形態では、本発明のゲッタリングシンクを用いゲッタリングを行って形成されたTFTを有するアクティブマトリクス基板の作製方法について説明する。なお、アクティブマトリクス基板には複数のTFTが形成されているが、nチャネル型TFT及びpチャネル型TFTを有する駆動回路部と、nチャネル型TFTを有する画素部とを説明する。

【0053】

まず図4(A)に示すように、絶縁表面を有する基板(以下、絶縁基板と表記する)401上に酸化シリコン膜、窒化シリコン膜又は酸化窒化シリコン膜などの絶縁膜の積層からなる下地絶縁膜を形成する。本実施の形態では下地絶縁膜として2層構造を用いるが、前記絶縁膜の単層膜又は2層以上積層させた構造を用いても良く、下地絶縁膜の一層目402aとしては、プラズマCVD法を用い、 SiH_4 、 NH_3 、 N_2O 及び H_2 を反応ガスとして成膜される酸化窒化シリコン膜を10～200nm(好ましくは50～100nm)形成する。ここでは、膜厚50nmの酸化窒化シリコン膜を形成する。次いで、下地絶縁膜の二層目402bとしては、プラズマCVD法を用い、 SiH_4 及び N_2O を反応ガスとして成膜される酸化窒化シリコン膜を50～200nm(好ましくは100～150nm)の厚さに積層形成する。ここでは、膜厚100nmの酸化窒化シリコン膜を形成する。この下地膜は絶縁基板に含まれるアルカリ金属が半導体膜中に拡散しないために設けている。

【0054】

次いで、下地膜上に第1の半導体膜403を形成する。第1の半導体膜は、非晶質構造を有する半導体膜を公知の手段(スパッタ法、LPCVD法、又はプラズマCVD法等)により成膜すればよい。本実施の形態ではシリコンを主成分とする半導体材料を用いて第1の半導体膜を10～100nmの厚さにプラズマCVD法により形成する。良好な結晶構造を得るために、第1の半導体膜中の酸素、窒素等の不純物元素濃度を $5 \times 10^{18} \text{atoms/cm}^3$ 以下に低減させておくといよい。そのために、高純度の材料ガス(原料ガス)を使用し、更に成膜室の内壁を鏡面処理(電界研磨処理)やオイルフリーの真空排気系を備えた超高真空対応のCVD装置を用いるといよい。

【0055】

その後、Niを代表とする金属元素を有する物質（膜の状態や液層の状態を含む）第1の半導体膜上にスピンドーティング法、ディップコーティング法、プラズマCVD法、スパッタ法、及び蒸着法のいずれかの方法により形成する。本実施の形態ではNiを用い、重量換算で1～100ppmのNiを含む酢酸ニッケル塩溶液をスピンドーティング法により形成する金属元素含有膜404を形成する。このとき、第1の半導体膜と酢酸ニッケル塩溶液との濡れ性を高めるために、オゾン含有水溶液を用いて極めて薄い酸化膜を形成すると好ましい。更にこの薄い酸化膜を一旦除去し、再度オゾン含有水溶液で薄い酸化膜を形成するとよい。このように薄い酸化膜を形成することにより、金属元素を含む水溶液を均一に第1の半導体膜上に形成することができる。

【0056】

次にこの状態で、第1の半導体膜を結晶化するための加熱処理を行い、結晶性半導体膜（本実施の形態では結晶性珪素膜となる）を形成する。加熱処理の方法としては、電熱炉を用いたファーネスアニール法や、ハロゲンランプ、メタルハライドランプ、キセノンアークランプ、カーボンアークランプ、高圧ナトリウムランプ、高圧水銀ランプ等を用いた瞬間熱アニール法（LRTA法）、を採用すればよい。又は、ガス加熱方式の瞬間熱アニール法（GRTA法）を採用してもよい。

【0057】

そして更に、第1の半導体膜の結晶性を向上させ、結晶粒内に残される欠陥を補修するために、第1の半導体膜にレーザー光を照射するとよい。レーザーは、連続発振又はパルス発振の気体レーザーもしくは固体レーザーを用いる。気体レーザーとして、エキシマレーザー、Arレーザー、Krレーザーなどがあり、固体レーザーとして、YAGレーザー、YVO₄レーザー、YLFレーザー、YAlO₃レーザー、ガラスレーザー、ルビーレーザー、アレキサンドライドレーザー、Ti：サファイアレーザーなどが挙げられる。

【0058】

第1の半導体膜の結晶化に際し、大粒径に結晶を得るためには、連続発振が可

能な固体レーザーを用い、基本波の第2高調波～第4高調波を適用すると好ましい。代表的には、Nd:YVO₄レーザー（基本波1064nm）の第2高調波（532nm）や第3高調波（355nm）を適用する。

【0059】

本実施の形態では、出力10Wの連続発振のYVO₄レーザーから射出されたレーザー光を非線形光学素子により高調波に変換する。また、共振器の中にYVO₄結晶と非線形光学素子を入れて、高調波を射出する方法もある。そして、好ましくは光学系により照射面にて矩形状又は楕円形状のレーザー光に成形して、第1の半導体膜に照射する。このときのエネルギー密度は0.01～100MW/cm²程度（好ましくは0.1～10MW/cm²）が必要である。そして、0.5～2000cm/s程度の速度で、相対的にレーザー光と第1の半導体膜とを移動させて照射する。

【0060】

以上のように形成される結晶性半導体膜には、金属元素（本実施の形態ではNi）が残存している。そこで、次に説明するゲッターリングにより第1の半導体膜中の金属元素濃度を低減させる。

【0061】

まず、結晶化を行った第1の半導体膜上にバリア膜となる絶縁膜を形成する。バリア膜は、オゾン水で処理や、硫酸、塩酸又は硝酸と過酸化水素水とを混合させた水溶液で処理を行って酸化膜（ケミカルオキサイド）を形成すればよい。また、酸化雰囲気中でのプラズマ処理や、酸素含有雰囲気中での紫外線照射によって酸化膜を形成したり、プラズマCVD法、スパッタリング法及び蒸着法のいずれかにより酸化珪素膜を含む絶縁膜を成膜してもよい。

【0062】

そして図4（B）に示すように、バリア膜上にゲッターリングシークとなる第2の半導体膜405を25～250nmの厚さで形成する。このとき、実施の形態1又は2で示したように成膜室に前処理を施し、スパッタリング法によりシリコンを主成分とする第2の半導体膜を形成する。この第2の半導体膜は、窒素濃度が 1×10^{18} atoms/cm³以下であり、且つ酸素濃度が 8×10^{19} atoms/cm³以下で

あって、更に希ガス元素の濃度が $1 \times 10^{20} \text{atoms/cm}^3$ 以上となっている。

【0063】

また第2の半導体膜は後に除去するため、密度の低い膜としておく为好ましい。例えば、第2の半導体膜に25～40原子%の水素を含有させることにより密度の低い半導体膜を形成することができる。

【0064】

その後、加熱処理を行うことにより、第1の結晶性半導体膜中の金属元素であるNiをゲッタリングシンクとなる第2の半導体膜に拡散しながら移動させ、ゲッタリング処理を行う。加熱処理は、ファーネスアニール法、LRTA法及びGRTA法のいずれかを用いて行えばよい。ファーネスアニール法で行う場合には、窒素雰囲気中にて450～600℃で0.5～12時間の加熱処理を行う。また、LRTA法を用いる場合には、加熱用のランプ光源を1～60秒、好ましくは30～60秒点灯させ、それを1～10回、好ましくは2～6回繰り返す。ランプ光源の発光強度は任意なものとするが、半導体膜が瞬間的には600～1000℃、好ましくは700～750℃程度にまで加熱されるようにする。

【0065】

なお、ゲッタリングを行う加熱処理により、第1の半導体膜の結晶化を行ってもよい。すなわち、一度の加熱処理により、第1の半導体膜の結晶化と、ゲッタリングを達成することができ、プロセス数を低減することができる。

【0066】

その後、第2の半導体膜406をウェットエッチングにより除去する。エッチングの方法としては、ヒドラジンや、テトラエチルアンモニウムハイドロオキシド(TMAH)を含む水溶液などアルカリ溶液によるウェットエッチングで行うことができる。このとき、バリア層はエッチングストッパーとして機能する。また第2の半導体膜をエッチング後、バリア層はフッ酸により除去すればよい。

【0067】

このように形成された結晶性半導体膜は、金属元素の作用により細長い棒状、又は細長い扁平上の結晶として形成され、各結晶は巨視的にみればある特定の方向性を持って成長している。

【0068】

そして、結晶性半導体膜にボロンを添加する（チャネルドーピングという）。その後図4（C）に示すように、所望の活性層の形状となるようにパターンニングする（406a～406d）。

【0069】

次いで、フッ酸を含むエッチャントで活性層の表面を洗浄し、活性層を覆うゲート絶縁膜407を形成する。ゲート絶縁膜407はプラズマCVD法又はスパッタ法を用い、厚さを40～150nmとしてシリコンを含む絶縁膜で形成する。本実施例では、プラズマCVD法により115nmの厚さで酸化窒化シリコン膜（組成比Si=32%、O=59%、N=7%、H=2%）で形成する。勿論、ゲート絶縁膜は酸化窒化シリコン膜に限定されるものでなく、他のシリコンを含む絶縁膜を単層又は積層構造として用いてもよい。

【0070】

次いで図4（D）に示すように、ゲート絶縁膜上に膜厚20～100nmの第1の導電膜411と、膜厚100～400nmの第2の導電膜412とを積層してゲート電極を形成する。本実施の形態では、ゲート絶縁膜407上に膜厚50nmの窒化タンタル膜、膜厚370nmのタングステン膜を順次積層してゲート電極を形成した。

【0071】

なお、第1の導電膜及び第2の導電膜はTa、W、Ti、Mo、Al、Cuから選ばれた元素、又は前記元素を主成分とする合金材料もしくは化合物材料で形成すればよい。また、第1の導電膜及び第2の導電膜としてリン等の不純物元素をドーピングした多結晶シリコン膜に代表される半導体膜や、AgPdCu合金を用いてもよい。また、2層構造に限定されず、例えば、膜厚50nmのタングステン膜、膜厚500nmのアルミニウムとシリコンの合金（Al-Si）膜、膜厚30nmの窒化チタン膜を順次積層した3層構造としてもよい。また、3層構造とする場合、第1の導電膜のタングステンに代えて窒化タングステンを用いてもよいし、第2の導電膜のアルミニウムとシリコンの合金（Al-Si）膜に代えてアルミニウムとチタンの合金膜（Al-Ti）を用いてもよいし、第3の

導電膜の窒化チタン膜に代えてチタン膜を用いてもよい。また、単層構造であってもよい。なお本実施の形態では、第1の導電膜はTa₂N₅膜、第2の導電膜はW膜を用いる。

【0072】

その後、以下に示す手順でパターニングを行って各ゲート電極及び各配線を形成する。ICP（Inductively Coupled Plasma：誘導結合型プラズマ）エッチング法を用い、エッチング条件（コイル型の電極に印加される電力量、基板側の電極に印加される電力量、基板側の電極温度等）を適宜調節することにより、第1の導電膜及び第2の導電膜を所望のテーパ形状にエッチングすることができる。なお、エッチング用ガスとしては、Cl₂、BCl₃、SiCl₄もしくはCCl₄などを代表とする塩素系ガス、CF₄、SF₆もしくはNF₃などを代表とするフッ素系ガス又はO₂を適宜用いることができる。

【0073】

まず第2の導電膜上に所望の形状のレジストを形成する。第1のエッチングの条件として、エッチング用ガスにCF₄とCl₂とO₂とを用い、それぞれのガス流量比を25/25/10 sccmとし、1Paの圧力でコイル型の電極に700WのRF（13.56MHz）電力を投入し、基板側（試料ステージ）に150WのRF（13.56MHz）電力を投入し、実質的に負の自己バイアス電圧を印加する。なお、基板側の電極面積サイズは、12.5cm×12.5cmであり、コイル型の電極面積サイズ（ここではコイルの設けられた石英円板）は、直径25cmの円板である。このエッチング条件により第2の導電膜のW膜のみをエッチングして端部の角度が15～45°のテーパ形状とする。

【0074】

この後、レジストからなるマスクを除去せずに第2のエッチングを行う。第2のエッチングの条件は、エッチング用ガスにCF₄とCl₂とを用い、それぞれのガス流量比を30/30 sccmとし、1Paの圧力でコイル型の電極に500WのRF（13.56MHz）電力を投入し、基板側（試料ステージ）にも20WのRF（13.56MHz）電力を投入し、実質的に負の自己バイアス電圧を印加する。第2のエッチングの条件では第1の導電膜のTa₂N₅膜及び第2の導電膜のW膜が同程度に

エッチングされる。

【0075】

次いで、レジストからなるマスクを除去せずに、ゲート電極をマスクとして半導体膜に導電型を付与する不純物元素を添加する第1のドーピング処理を行う。第1のドーピング処理はイオンドーピング法又はイオン注入法で行えばよい。n型を付与する不純物元素として、典型的にはリン(P)又は砒素(As)を用いる。自己整合的に第1の不純物領域(n⁺領域)408a~408dが形成される。第1の不純物領域には $1 \times 10^{20} \sim 1 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ の濃度範囲でn型を付与する不純物元素が添加される。

【0076】

次いで、レジストからなるマスクを除去せずに第3のエッチングを行う。ここでは、第3のエッチングの条件は、エッチング用ガスにCF₄とCl₂とを用い、それぞれのガス流量比を30/30sccmとし、1Paの圧力でコイル型の電極に500WのRF(13.56MHz)電力を投入し、基板側(試料ステージ)にも20WのRF(13.56MHz)電力を投入し、実質的に負の自己バイアス電圧を印加する。

【0077】

この後、レジストからなるマスクを除去せずに第4のエッチングを行う。第4のエッチングの条件は、エッチング用ガスにCF₄とCl₂とO₂とを用い、それぞれのガス流量比を20/20/20sccmとし、1Paの圧力でコイル型の電極に500WのRF(13.56MHz)電力を投入し、基板側(試料ステージ)にも20WのRF(13.56MHz)電力を投入し、実質的に負の自己バイアス電圧を印加する。この第3のエッチング及び第4のエッチングにより、W膜及びTa₂N膜を異方性エッチングする。また、エッチングガスに酸素を含ませることにより、W膜とTa₂N膜とのエッチング速度に差をつけ、W膜のエッチング速度をTa₂N膜のエッチング速度よりも速くする。また図示しないが、第1の導電層で覆われていないゲート絶縁膜はエッチングされ薄くなる。この段階で第1の導電層のTa₂N膜411a~411dを下層とし、第2の導電層のW膜412a~412dを上層とするゲート電極等が形成される。

【0078】

次いで、レジストからなるマスクを除去せずにゲート電極をマスクとして半導体膜に導電型を付与する不純物元素を添加する第2のドーピング処理を行う。第2のドーピング処理はイオンドーピング法、又はイオン注入法で行えばよい。本実施の形態では、イオンドーピング法を用い、フォスフィン (PH_3) を水素で5%に希釈したガスを流量 30 sccm とし、ドーズ量を $1.5 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^2$ とし、加速電圧を 90 keV として行う。レジストからなるマスクと第2の導電層とがマスクとなり、第2のドーピング処理により、ゲート電極と重なる第2の不純物領域 $409a \sim 409d$ を形成する。

【0079】

次いで、レジストからなるマスクを除去した後、新たにレジストからなるマスクを形成して第3のドーピング処理を行う。第3のドーピング処理により、pチャネル型 TFT を形成する半導体膜を形成する半導体膜に p 型の導電型を付与する不純物元素（ボロンなど）が添加された第3の不純物領域 $408a$ 、 $408d$ 、ゲート電極と重なる第4の不純物領域 $409a$ 、 $409d$ を形成する。なお、第3の不純物領域 $408a$ 、 $408d$ には $1 \times 10^{20} \sim 1 \times 10^{21} / \text{cm}^3$ の濃度範囲で p 型を付与する不純物元素が添加されるようにする。なお、第3の不純物領域には先の工程でリン (P) が添加された領域 (n+領域) であるが、p 型を付与する不純物元素の濃度がその 1.5 ～ 3 倍添加されているため導電型は p 型となっている。また、第4の不純物領域 $409a$ 、 $409d$ も、先の工程でリン (P) が添加された領域であるが、p 型を付与する不純物元素の濃度がその 1.5 ～ 3 倍添加されているため導電型は p 型となっている。

【0080】

以上までの工程で、それぞれの半導体膜に n 型又は p 型の導電型を有する不純物領域が形成される。そして不純物領域を形成した後、不純物元素を活性化するために加熱処理、強光の照射、又はレーザー光の照射を行う。また、活性化と同時にゲート絶縁膜へのプラズマダメージやゲート絶縁膜と半導体膜との界面へのプラズマダメージを回復することができる。特に、室温～ 300°C の雰囲気中において、表面又は裏面からエキシマレーザーを用いて不純物元素を活性化させる。また YAG レーザーの第2高調波を照射して活性化させてもよく、YAG レー

ザーはメンテナンスが少ないため好ましい活性化手段である。

【0081】

次いで図4（E）に示すように、酸化窒化シリコン膜、酸化シリコンなどの絶縁膜からなるパッシベーション膜415を形成する。本実施の形態ではプラズマCVD法を用いて、酸化窒化シリコン膜を100nmの厚さに形成する。その後、クリーンオープンを用いて、300～550℃で1～12時間加熱し、半導体膜の水素化を行う。本実施の形態では、窒素雰囲気中で410℃、1時間加熱する。この工程は、第1のパッシベーション膜415に含まれる水素により、半導体膜のダングリングボンドを終端することができる。また、水素化と共に上述の不純物領域の活性化処理を同時に行うこともできる。

【0082】

その後図4（F）に示すように、パッシベーション膜上に珪素を有する無機絶縁膜又は有機絶縁物材料からなる第1の層間絶縁膜416を形成する。有機絶縁物材料として、ポジ型感光性有機樹脂又はネガ型感光性有機樹脂を用いることができる。なお、第1の層間絶縁膜に感光性有機樹脂を用いた場合、フォトリソグラフィ工程による露光処理により感光性有機樹脂をエッチングすると曲率を有する第1の開口部を形成することができる。なお、第1の層間絶縁膜にポジ型の感光性有機樹脂を用いる場合、ポジ型の感光性樹脂は茶色に着色しているため、エッチング後に感光性有機樹脂の脱色処理を行う必要がある。本実施の形態では第1の層間絶縁膜として、プラズマCVD法を用いて酸化珪素膜を1.5μmの厚さで形成する。

【0083】

次に、第1の層間絶縁膜416を覆うように窒化絶縁膜（代表的には、窒化珪素膜又は窒化酸化珪素膜）からなる第2のパッシベーション膜417を形成する。本実施の形態では第2のパッシベーション膜に窒化珪素膜を用いる。成膜条件としては、高周波放電によるスパッタ法で、シリコンターゲットを用い、スパッタガスとして窒素気体を用いればよい。圧力は適宜設定すればよいが、0.5～1.0Pa、放電電力は2.5～3.5KW、成膜温度は室温（25℃）～250℃の範囲内であればよい。窒化絶縁膜からなる第2のパッシベーション膜41

7を形成することにより、第1の層間絶縁膜416から発生する脱ガスを抑制することができる。

【0084】

次に、第2のパッシベーション膜417、第1の層間絶縁膜416、第1のパッシベーション膜415、ゲート絶縁膜407を順次エッチングし、開口部を形成する。このときの、エッチング処理は、ドライエッチング処理でもウェットエッチング処理でもよい。本実施の形態では、ドライエッチングによりなめらかなテーパ（角度）を有する開口部を形成する。そして開口部を形成した後、第2のパッシベーション膜上及び開口部に金属膜を形成し、金属膜をエッチングしてソース電極及びドレイン電極418、配線（図示しない）を形成する。金属膜は、アルミニウム（Al）、チタン（Ti）、モリブデン（Mo）、タングステン（W）もしくはシリコン（Si）の元素からなる膜又はこれらの元素を用いた合金膜を用いればよい。本実施の形態では、チタン膜（Ti）／シリコン－アルミニウム合金膜（Al－Si）／チタン膜（Ti）をそれぞれ100／350／100nmに積層したのち、所望の形状にパターニング及びエッチングしてソース電極、ドレイン電極及び配線（図示しない）を形成する。その後、画素電極（発光素子の陽極又は陰極となる電極）420を形成する。電極420には、ITO、SnO₂等の透明導電膜を用いることができる。本実施の形態では、ITOを110nm成膜し、所望の形状にエッチングして電極420を形成する。

【0085】

以上のような本発明の工程により、TFEを備えたアクティブマトリクス基板が完成する。

【0086】

本発明は、上述のように形成された窒素濃度が 1×10^{18} atoms/cm³以下であり、且つ酸素濃度が 8×10^{19} atoms/cm³以下であって、更に希ガス元素の濃度が 1×10^{20} atoms/cm³以上である半導体膜を形成し、ゲッタリングを行うことにより、エッチング残渣を低減することができる。そして良好な結晶性半導体膜を有し、デバイス特性のよいTFEを備えたアクティブマトリクス基板を提供することができる。

【0087】

なお本実施の形態は、トップゲート構造のTFETで説明したが、ボトムゲート構造のTFETでも適応することは可能である。

【0088】

(実施の形態4)

本実施の形態では、実施の形態3と異なり、比較的高温に耐えられる石英基板上に形成されるアクティブマトリクス基板の作製方法を説明する。なお、実施の形態3と同様に、nチャネル型TFET及びpチャネル型TFETを有する駆動回路部とnチャネル型TFETを有する画素部について説明する。なお、半導体膜や各電極は実施の形態1で説明した材料から選択して形成すればよい。

【0089】

まず、図5(A)に示すように、石英基板501上に第1の半導体膜となる非晶質珪素膜502を形成する。石英基板はTFETの動作に悪影響を与えるアルカリ金属等の不純物が混入されていないため、それを防止する下地膜を必ずしも必要としない。そして、実施の形態3に記載したいずれかの方法を用いて、石英基板501上に非晶質珪素膜を形成する。次に、実施の形態3に記載したいずれかの方法を用いて非晶質珪素膜に接して金属元素を形成する。その後、450℃、1時間で熱処理を行って、非晶質珪素膜中の水素等のガスを出し、600℃、8時間で熱処理を行って、結晶性半導体膜（本実施の形態では結晶性珪素膜となる）を形成する。なお結晶化を促進するために、必要に応じて実施の形態3で示したようにレーザー光を照射しても構わない。

【0090】

次に、結晶化を行った第1の半導体膜上に実施の形態3で示したようにバリア膜となる絶縁膜を形成する。そして、バリア膜上にゲッタリングシンクとなる第2の半導体膜を25～250nmの厚さで形成する。このとき、実施の形態1又は2で示したように成膜室に前処理を施し、スパッタリング法によりシリコンを主成分とする第2の半導体膜を形成する。この第2の半導体膜は、窒素濃度が $1 \times 10^{18} \text{atoms/cm}^3$ 以下であり、且つ酸素濃度が $8 \times 10^{19} \text{atoms/cm}^3$ 以下であって、更に希ガス元素の濃度が $1 \times 10^{20} \text{atoms/cm}^3$ 以上である。また第2の半導

体膜は後に除去するため、密度の低い膜としておくといよい。例えば、第2の半導体膜に25～40原子%の水素を含有させることにより密度の低い半導体膜を形成することができる。

【0091】

その後、実施の形態3に示したようないずれかの方法により加熱処理を行って、第1の結晶性半導体膜中の金属元素であるNiをゲッターリングシンクとなる第2の半導体膜に拡散しながら移動させ、ゲッターリングを行う。なお、ゲッターリングを行う加熱処理により、第1の半導体膜の結晶化を行ってもよい。すなわち、一度の加熱処理により、第1の半導体膜の結晶化と、ゲッターリングを達成することができ、プロセス数が低減される。

【0092】

その後、第2の半導体膜をウェットエッチングにより除去する。エッチングの方法としては、実施の形態3で示した方法を用いればよい。このとき、バリア層はエッチングストッパーとして機能する。その後、バリア層はフッ酸により除去すればよい。

【0093】

このように形成された結晶性半導体膜は、金属元素の作用により細長い棒状、又は細長い扁平上の結晶として形成され、各結晶は巨視的にみればある特定の方向性を持って成長している。

【0094】

次いで、結晶性珪素膜を所望の形状にパターニングし、熱酸化によりゲート絶縁膜503を形成する。そして、結晶性珪素膜にボロンを添加する（チャネルドープ）。その後、図5（B）に示すように、ゲート絶縁膜上のゲート電極を形成する。本実施の形態では、窒化タンタル（Ta₂N₅）504とタンタル505の積層構成で形成する。

【0095】

そして、酸化珪素膜からなるマスクを形成し、不純物領域上に開口部を形成し、リンやボロンといった不純物元素を添加し、ソース領域及びドレイン領域を形成する。なお、ソース領域及びドレイン領域の作製方法は実施の形態3を参照す

ればよく、ゲート電極と重なる低濃度不純物領域を適宜設けるとよい。

【0096】

その後、窒素雰囲気中で800℃、1時間かけて不純物領域の活性化を行う。本実施の形態では、石英基板を用いているため、800℃という高温で活性化を行うことができる。

【0097】

次いで、図5（C）に示すように、窒化珪素からなるパッシベーション膜506を形成し、半導体膜の水素化を行う。そして図5（D）に示すように、パッシベーション膜上に第1の層間絶縁膜507を形成し、その上に窒素を有する絶縁膜508を形成する。本実施の形態では、パッシベーション膜上にアクリル樹脂材料を全面塗布し、その上にスパッタリング法により窒化珪素膜を形成する。その後、所定の形状のレジストマスを形成し、ドライエッチング法により第1の層間絶縁膜及び窒化珪素膜をエッチングし、ソース領域及びドレイン領域上にテーパー形状を有するコンタクトを形成する。なお、コンタクトのテーパー形状は層間絶縁膜の材料や露光条件により、曲率半径を有するようにもできる。

【0098】

その後、図5（E）に示すように、開口部にチタン（Ti）とアルミニウムとシリコンの合金（Al-Si）とチタン（Ti）を積層させたソース配線及びドレイン配線509を形成する。そして、有機樹脂材料を用いて第2の層間絶縁膜510を形成し、当該層間絶縁膜に形成されるコンタクトを介して電極511（EL表示装置の場合は陽極又は陰極となり、液晶表示装置の場合は画素電極となる）を形成する。

【0099】

なお、本実施の形態の第1及び第2の層間絶縁膜や窒素を有する絶縁膜は、実施の形態3の工程において用いることも可能である。

【0100】

以上のような工程により、TFTを備えたアクティブマトリクス基板を完成させる。

【0101】

本発明は上述のように石英基板を用いたプロセスにおいても、窒素濃度が $1 \times 10^{18} \text{atoms/cm}^3$ 以下であり、且つ酸素濃度が $8 \times 10^{19} \text{atoms/cm}^3$ 以下であって、更に希ガス元素の濃度が $1 \times 10^{20} \text{atoms/cm}^3$ 以上ゲッタリングシंकとなる半導体膜を形成することができ、当該半導体膜を用いてゲッタリングを行うことにより、エッチング残渣を低減することができる。そして良好な結晶性半導体膜を有し、デバイス特性のよい TFT を備えたアクティブマトリクス基板を提供することができる。

【0102】

なお本実施の形態は、トップゲート構造の TFT で説明したが、ボトムゲート構造の TFT でも適応することはできる。

【0103】

(実施の形態 5)

本実施の形態では、実施の形態 3 又は 4 に示すように形成されたアクティブマトリクス基板に発光素子を設けて EL 表示装置 (EL 表示モジュール) を形成する例を、図 6 を用いて説明する。

【0104】

まず、実施の形態 3 又は 4 で説明した電極 420 又は 511 が EL 表示装置の陽極となる場合、仕事関数の大きい金属 (Pt、Cr、W、Ni、Zn、Sn、In) を用いて形成する。なお、本実施の形態では、仕事関数の大きい ITO で形成し、所望の形状にエッチングする。

【0105】

次いで、図 6 (A) に示すように、電極 420 又は 511 の端部を覆う絶縁物 (バンク、隔壁、障壁、土手などと呼ばれる) 601 を形成する。絶縁物 601 は、感光性の有機樹脂を用いて形成するとよく、例えば、絶縁物の材料としてネガ型の感光性アクリルを用いた場合、絶縁物 601 の上端部に第 1 の曲率半径を有する曲面を有し、前記絶縁物の下端部に第 2 の曲率半径を有する曲面を有するように形成することができ、前記第 1 の曲率半径及び前記第 2 の曲率半径は、それぞれ $0.2 \mu\text{m} \sim 3 \mu\text{m}$ とすることが好ましい。また更に、絶縁物 601 を窒化アルミニウム膜、窒化酸化アルミニウム膜、又は窒化珪素膜からなる第 2 の保護

膜で覆ってもよい。本実施の形態では、ポジ型の感光性アクリルを用いて絶縁物 601 を形成する。

【0106】

その後、PVA（ポリビニルアルコール）系の多孔質体を用いて拭い、ゴミ等の除去を行う。なお本実施の形態では、ベルクリンを用いた拭浄により、ITO や絶縁膜をエッチングしたときに発生する微粉（ゴミ）を除去することができる。

【0107】

次いで発光層（有機化合物を含む層）の蒸着の前処理に、全体にPEDOTを塗布し、ベークを行ってもよい。このとき、PEDOTはITOとの濡れ性が良くないため、一旦PEDOTを塗布後、水洗し、再度PEDOTを塗布することが好ましい。その後、減圧雰囲気中で加熱を行う。なお、本実施の形態では、PEDOTを塗布後、170℃の減圧雰囲気中で30分加熱し、その後30分かけて自然冷却を行う。

【0108】

そして、蒸着装置を用いて、蒸着源を移動させながら蒸着を行う。例えば、真空度が 5×10^{-3} Torr（0.665Pa）以下、好ましくは $10^{-4} \sim 10^{-6}$ Torrまで真空排気された成膜室で蒸着を行う。蒸着の際、抵抗加熱により、予め有機化合物は気化されており、蒸着時にシャッターが開くことにより基板の方向へ飛散する。気化された有機化合物は、上方に飛散し、メタルマスクに設けられた開口部を通して基板に蒸着され、発光層602（正孔輸送層、正孔注入層、電子輸送層、電子注入層を含む）が形成される。

【0109】

次いで、上記発光層上に、第2の電極603を陰極として形成する。第2の電極603は、仕事関数の小さい金属（Li、Mg、Cs）を含む薄膜を用いて形成すればよい。また更に、Li、Mg、Cs等を含む薄膜上に積層した透明導電膜（ITO、酸化インジウム酸化スズ合金）、酸化インジウム酸化亜鉛合金（ $\text{In}_2\text{O}_3\text{—ZnO}$ ）、酸化亜鉛（ZnO）等）との積層膜で形成すると好ましい。また、陰極の低抵抗化を図るため、絶縁物601上に補助電極を設けてもよい。

【0110】

ここでは蒸着法により発光層 602 を形成した例を示したが、特に限定されず、塗布法（スピンコート法、インクジェット法など）により高分子からなる発光層を形成してもよい。また、本実施の形態では、有機化合物層として低分子材料からなる層を積層した例を示したが、高分子材料からなる層と、低分子材料からなる層とを積層してもよい。また、RGB の発光層を形成してフルカラー表示を行っても、単色の発光層を形成し、色変換層やカラーフィルターを用いて、フルカラー表示を行ってもよい。

【0111】

なお、EL 表示装置は、光の放射方向で 2 通りの構造が考えられる。一つは、発光素子からの発光が第 2 の電極 603 を透過して観測者の目に入る構造である。発光素子からの発光が第 2 の電極を透過して観測者の目に入る構造とする場合である。もう一つの構造は、発光素子からの発光が電極 420 又は 511 及び基板を透過して観測者の目に入るものである。発光素子からの発光が第 1 の電極を透過して観測者の目に入る構造とする場合、電極 420 又は 511 は透光性を有する材料を用いることが望ましい。

【0112】

以上の工程で第 2 の電極 603 までを形成した後は、図 6 (B) に EL 表示装置の全体図を示すように、第 1 の保護膜 604 として窒化シリコン膜を設け、更に第 2 の保護膜 605 として紫外線硬化樹脂、エポキシ樹脂その他の樹脂膜を設け、その上にカバー材 606 としてプラスチックフィルムを設けることが挙げられる。なお、プラスチックフィルムは、窒化シリコン膜等の無機絶縁膜で表面を覆い、水分や酸素を透過しないようにしておくことが望ましい。その後更に、異方性導電膜 611 を用いて FPC（フレキシブルプリントサーキット）612 を用いて外部端子と接続し EL 表示装置（EL 表示モジュール）が完成する。

【0113】

本発明は、ゲッタリングシンクとなる半導体膜の窒素濃度が $1 \times 10^{18} \text{atoms/cm}^3$ 以下であり、且つ酸素濃度が $8 \times 10^{19} \text{atoms/cm}^3$ 以下であって、更に希ガス元素の濃度が $1 \times 10^{20} \text{atoms/cm}^3$ 以上とすることにより、当該半導体膜のエッ

チング残渣を低減することができ、結果としてEL表示装置を歩留まりよく作製することができる。

【0114】

(実施の形態6)

本実施の形態では、実施の形態3又は4に示すように形成されたアクティブマトリクス基板に液晶素子を設けて液晶表示装置（液晶表示モジュール）を形成する例を、図7を用いて説明する。

【0115】

まず、実施の形態3又は4で説明した電極420又は511をITOで形成し透過型の液晶表示装置の画素電極とする。なお、反射型の液晶表示装置の場合、画素電極をA1等の金属膜で形成すればよい。その後、図7(A)に示すように、有機材料を用いて平坦化膜701を形成する。このとき無機材料を用いて平坦化膜を形成し、CMP等で平坦化してもよい。

【0116】

その後、アクティブマトリクス基板上に配向膜702を設け、予め用意された対向基板704に対向電極703を設け、図7(B)に示すようにシール材708を用いて対向基板とアクティブマトリクス基板を貼り合わせた後、その間に液晶707を注入して液晶セルを形成する。なお、液晶素子とは、液晶の光学的変調作用により光の透過又は非透過を制御する素子であり、一对の電極及びその間に挟持された液晶で構成される。更に、異方性導電膜711を用いてFPC（フレキシブルプリントサーキット）712を接着して外部端子とすればよい。

【0117】

本発明は、ゲッタリングシンクとなる半導体膜の窒素濃度が $1 \times 10^{18} \text{atoms/cm}^3$ 以下であり、且つ酸素濃度が $8 \times 10^{19} \text{atoms/cm}^3$ 以下であって、更に希ガス元素の濃度が $1 \times 10^{20} \text{atoms/cm}^3$ 以上とすることにより、当該半導体膜のエッチング残渣を低減することができ、結果として液晶表示装置を歩留まりよく作製することができる。

【0118】

【実施例】

(実施例 1)

本実施例では、ゲッタリングシンクに残渣が生じない場合と、生じた場合とにおいて、ゲッタリングシンクの不純物濃度を測定した結果を説明する。

【0119】

まずガラス基板上に下地膜として機能する SiNO 膜 (50 nm)、SiON 膜 (100 nm) を積層して成膜した。その後、下地膜上に非晶質珪素膜 (第 1 の非晶質珪素膜) を 50 nm 成膜し、金属元素である Ni を含む水溶液を 10 ppm 塗布後、ファーネス炉で 500℃/1 時間加熱後、次いで 550℃/4 時間加熱処理を行い、非晶質珪素膜の結晶化を行った。その後更に XeCl エキシマレーザーを照射し、粒内欠陥を低減させ、粒径を大きくし結晶化を向上させ、第 1 の結晶性珪素膜を形成した。

【0120】

次に第 1 の結晶性珪素膜上に、洗浄機を使用してオゾン水を塗布し、バリア膜を形成した。続いてスパッタ法により、ゲッタリングシンクとして機能する非晶質珪素膜 (第 2 の非晶質珪素膜) を 50 nm 成膜した。この時、成膜圧力は 0.4 Pa、基板温度は 150℃、成膜電力は 3 Kw、ターゲットサイズは 12 インチ、成膜ガスは Ar を使用し、当該ガスの流量は 50 sccm とし、更に加熱した Ar を 10 sccm で基板付近へ供給した。

【0121】

第 2 の非晶質珪素膜を成膜する際に、本発明の前処理を行い、不純物濃度を低減させた。その結果、第 2 の非晶質珪素膜中の窒素濃度は $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以下、酸素濃度は $8 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以下、Ar 濃度は $1 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ 以上となっていた。

【0122】

次に縦型ファーネス炉を使用して、550℃/4 時間加熱処理を行い、第 2 の非晶質珪素膜へ Ni を拡散させ、ゲッタリングを行った。

【0123】

ゲッタリング終了後、恒温槽中で、石英容器に TMAH を 50℃ で保ち、約 3 分間エッチングを行って、第 2 の非晶質珪素膜を除去した。この時、実施の形態

で説明したようにバリア膜がエッチングストッパーとして機能し、第1の結晶性珪素膜はエッチングされなかった。その後、フッ酸処理を行ってバリア膜を除去し、Ni濃度が $3 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以下の結晶性珪素膜を得た。

【0124】

以上のように作製した結晶性半導体膜（測定試料1）と、従来の方法で作製した結晶性半導体膜（測定試料2）とにおける炭素、窒素、酸素及び塩素の不純物濃度を表1に示す。

【0125】

【表1】

不純物濃度(atoms/cm ³)	炭素	窒素	酸素	塩素
測定試料1(本発明)	2.00×10^{18}	4.00×10^{17}	3.00×10^{18}	3.00×10^{15}
測定試料2(従来)	8.00×10^{19}	1.00×10^{19}	9.00×10^{19}	1.00×10^{17}

【0126】

表1からわかるように、エッチング残渣が無い本発明により作製した試料は、各不純物濃度が低くなっている。すなわち、エッチング残渣を低減するためには不純物濃度（特に、酸素濃度や窒素濃度）を制御することが必要であることがわかる。

【0127】

また上記不純物元素によって、ゲッタリングシンクに残渣が生じる原因は、次のように考えることができる。ゲッタリングシンク中の希ガス元素濃度が同一であっても酸素が析出核となって金属元素の固溶度を低下させる。そのため、ゲッタリングシンクの酸素濃度が増加し酸素に起因する析出核が存在する場合、ゲッタリングシンクをエッチング除去するときに溶解しにくくなることが残渣を生じさせる。

【0128】

以上、本発明のようにゲッタリングシンクの不純物濃度を制御することにより、所定のゲッタリング機能を保持しながら、ゲッタリングシンクの除去を正確に行うことができ、TFT作製の歩留まりが向上する。また残渣が発生しない場合

、ゲッタリング不良も生じなかったため、TFTの電気特性のバラツキが低減され、信頼性も向上される。

【0129】

【発明の効果】

本発明のようにゲッタリングシンクとなる半導体膜を形成するチャンバーに、不純物濃度を低減させるための前処理を行うことにより、ゲッタリングシンクとなる半導体膜の窒素濃度を $1 \times 10^{18} \text{atoms/cm}^3$ 以下、且つ酸素濃度を $8 \times 10^{19} \text{atoms/cm}^3$ 以下とすることができる。その結果、半導体膜のエッチング残渣を低減することができる。よって、従来の方法により形成されたゲッタリングシンクとなる半導体膜を用いたTFTの作製方法と比べて、エッチング残渣が低減されるため、TFTを有する表示装置を歩留まりよく製造することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明を実施するスパッタリング装置を示す図。

【図2】 本発明を実施するスパッタリング装置を示す図。

【図3】 本発明を実施するスパッタリング装置を示す図。

【図4】 本発明を用いたアクティブマトリクス基板の作製方法を示す図。

【図5】 本発明を用いたアクティブマトリクス基板の作製方法を示す図。

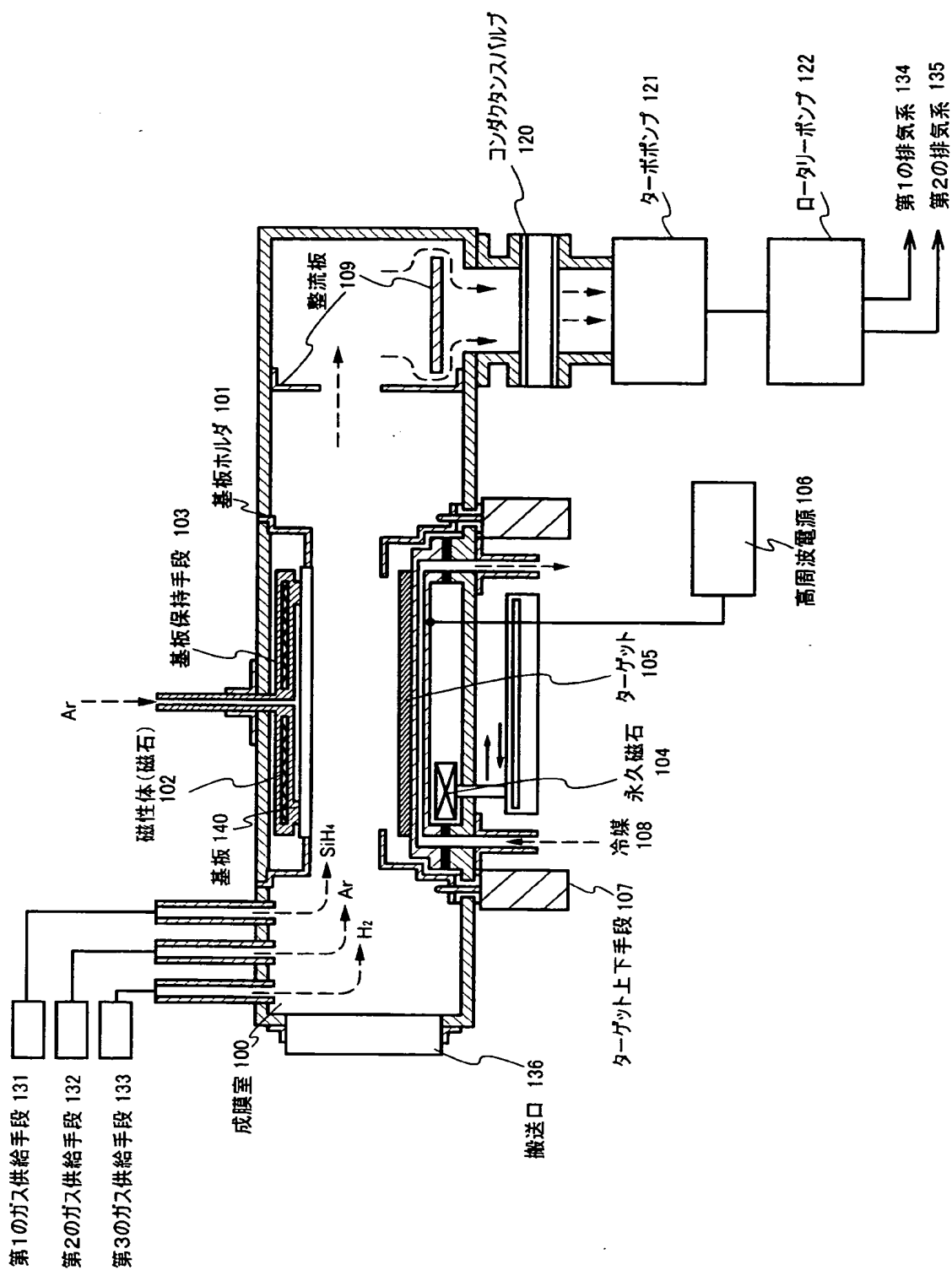
【図6】 本発明を用いたEL表示装置の作製方法を示す図。

【図7】 本発明を用いた液晶表示装置の作製方法を示す図。

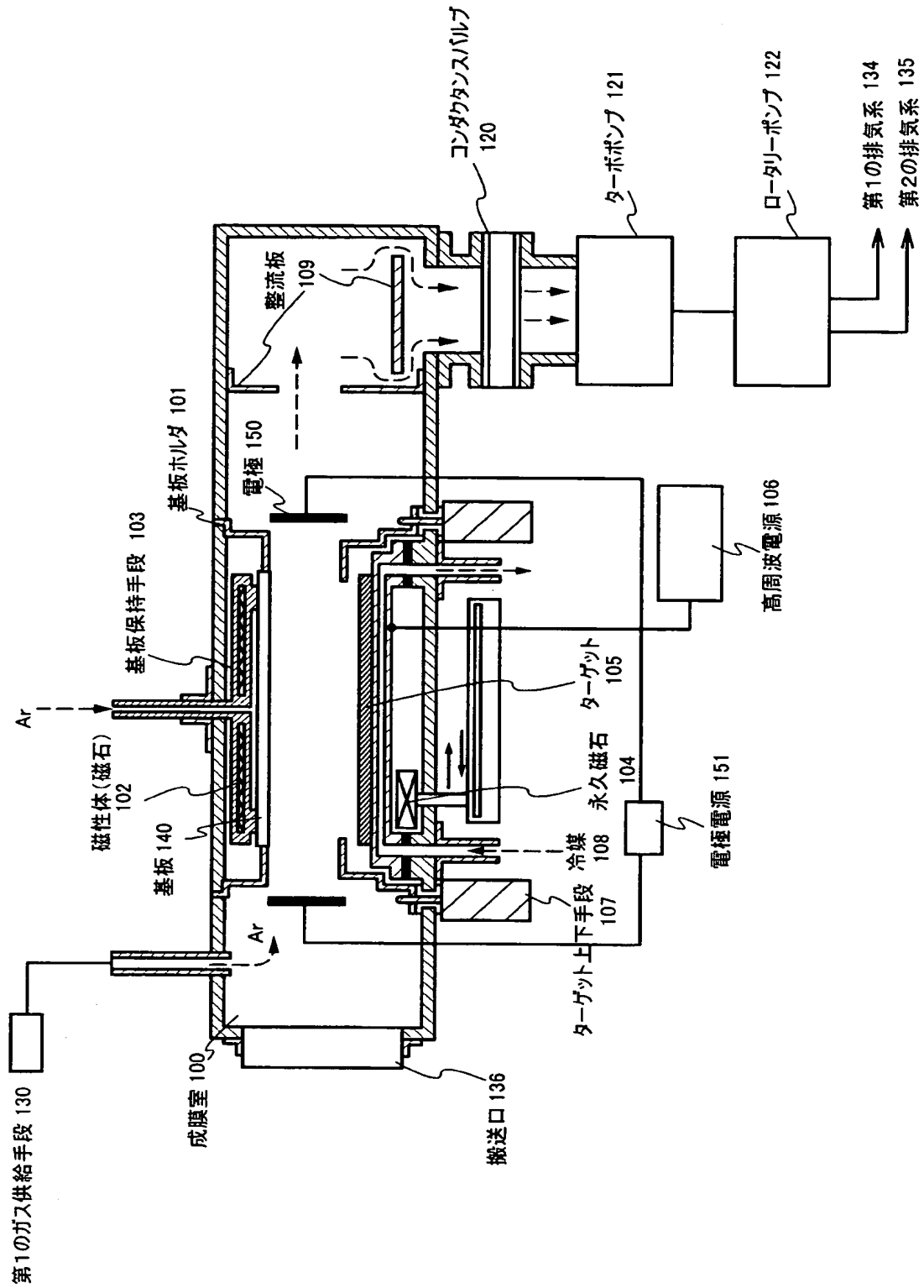
【書類名】

図面

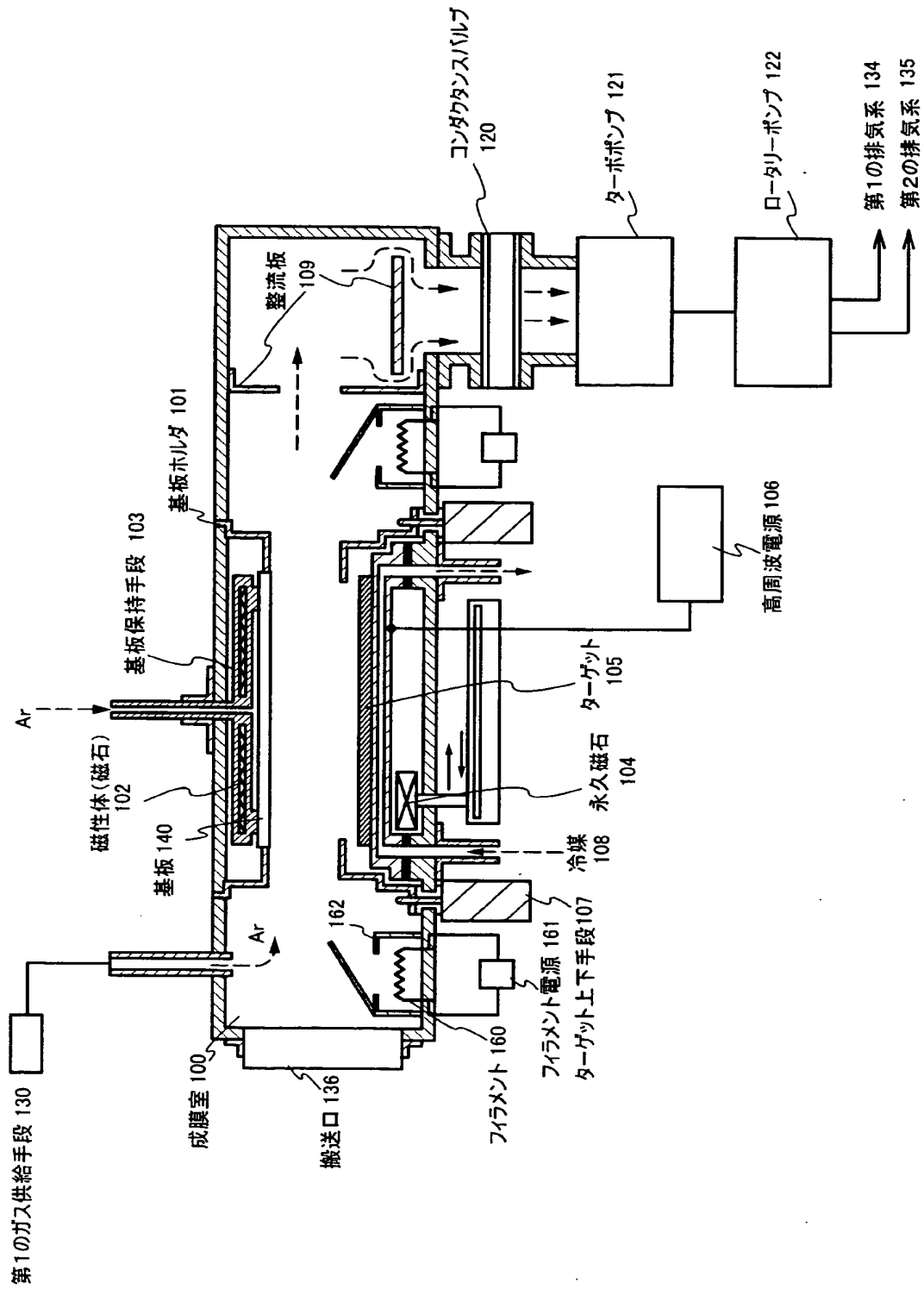
【図 1】



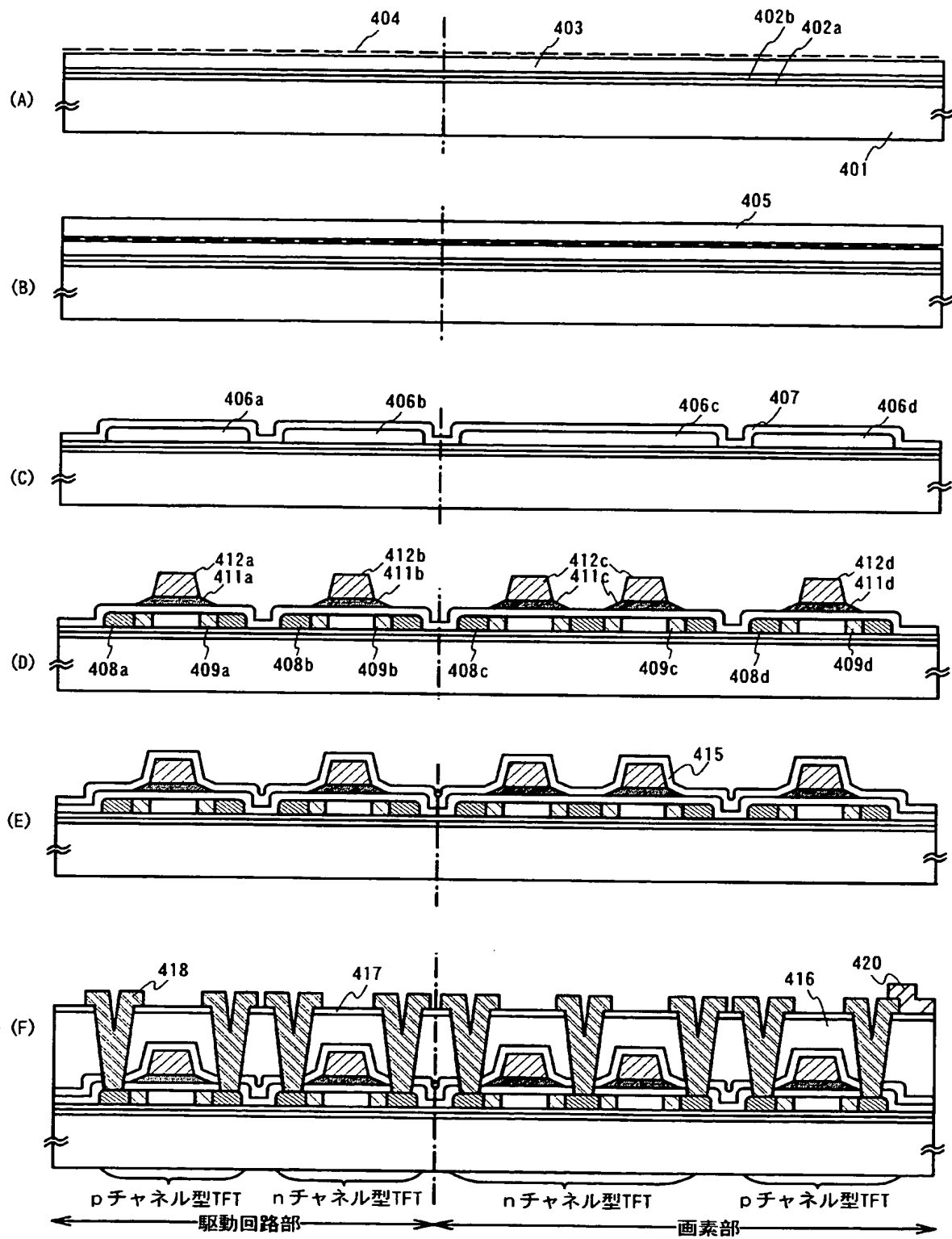
【図 2】



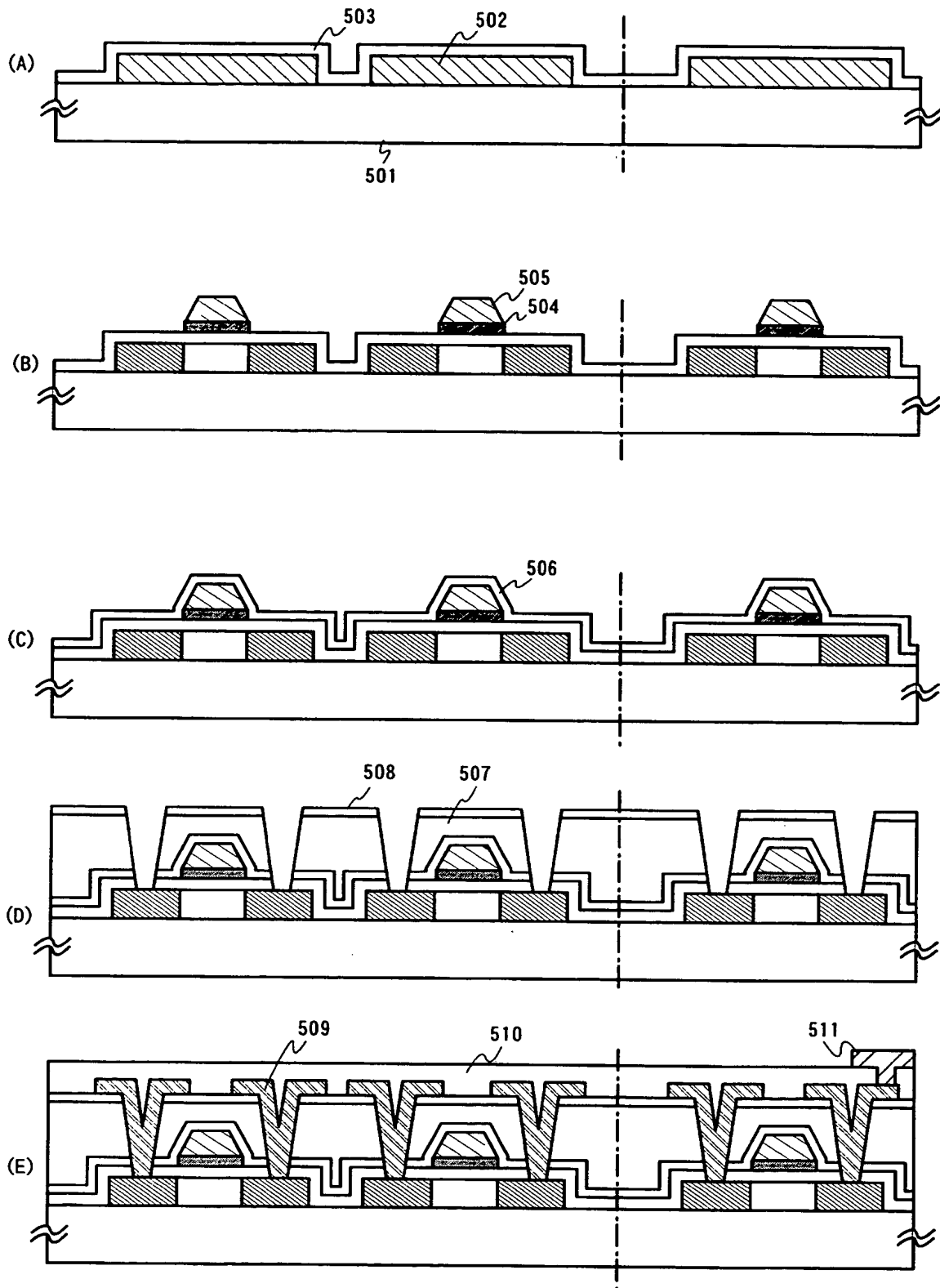
【図 3】



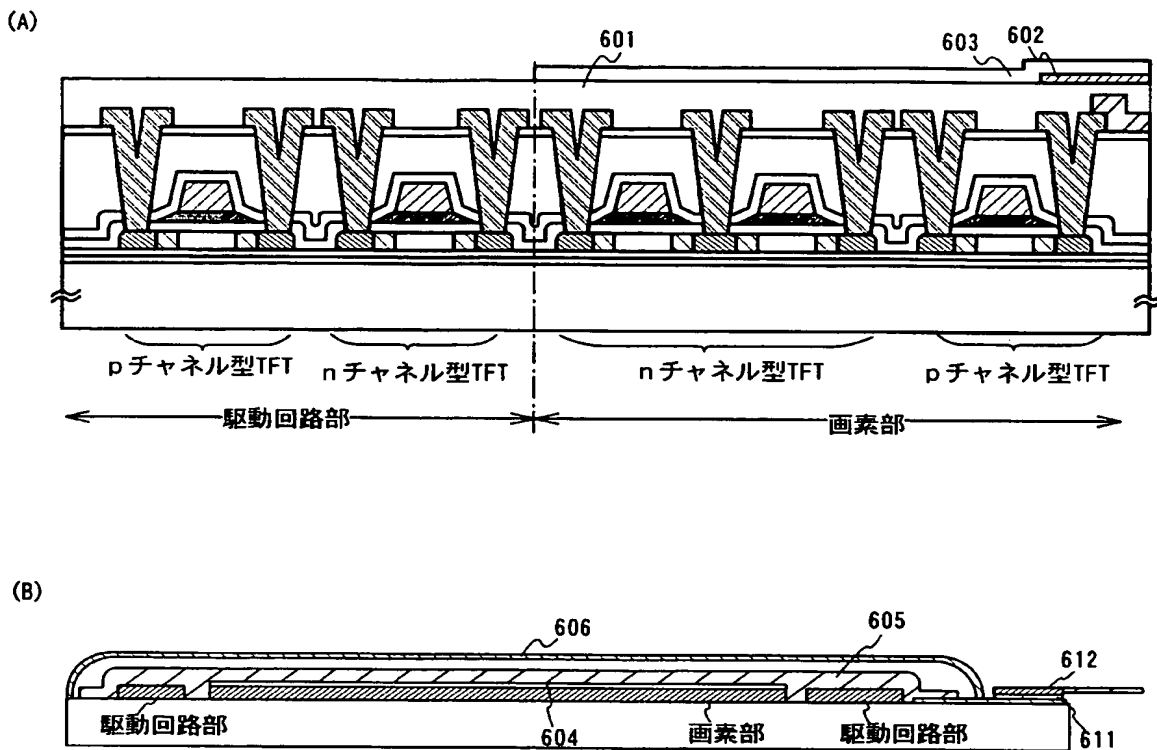
【図 4】



【図 5】

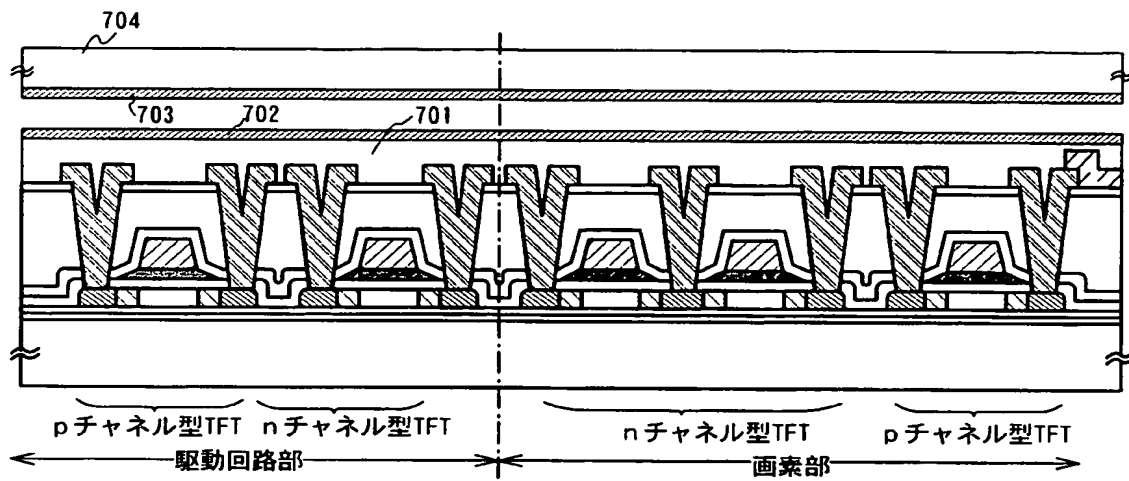


【図 6】

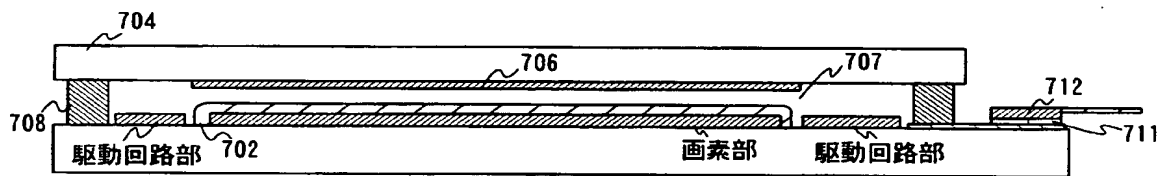


【図 7】

(A)



(B)



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

エッチングストッパーとして機能するバリア膜とゲッタリングシンクとの選択比が高いアルカリ溶液のエッチャントでゲッタリングシンクを除去するとき、ゲッタリングシンクの残渣が生じてしまった。

【解決手段】

ゲッタリングシンクとなる半導体膜の窒素濃度を $1 \times 10^{18} \text{atoms/cm}^3$ 以下、且つ酸素濃度を $8 \times 10^{19} \text{atoms/cm}^3$ 以下とし、更に希ガス元素の濃度が $1 \times 10^{20} \text{atoms/cm}^3$ 以上であることを特徴とする。そして上記不純物濃度を達成するために本発明は、例えば酸素を燃焼して排気する可燃性ガスを用いてチャンバー内の不純物である酸素を低減させることを特徴とする。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 2 - 3 4 0 1 6 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 1 5 3 8 7 8]

1 . 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 1 7 日

[変更理由]

新規登録

住 所

神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地

氏 名

株式会社半導体エネルギー研究所